APLICACIÓN DEL MODELO DE DISCRIMINACION DE FLUIDOS COMO HERRAMIENTA EN LA OBTENCION DE RESULTADOS DE PREDICCION EN EL POZO COJIMAR 100

Julio Antonio del Puerto Sánchez *(1)*, ***Noel García*** *(2)*, ***Elio Elégiga Fernández*** *(2)*, ***Juan Manuel Panfet Valdés*** *(2)* ***Jesús Ríos Montano*** *(3)*, ***Elinor Teruel*** *(3)*, ***Idelfonso Díaz Barrios*** *(4)*

(1) Empresa de Exploración y Extracción de Petróleo y Gas (PETRAF. S.A.). Cuba, Ave 11/ 6 y 41. Rpto Kholy. Playa. La Habana.
(2) Empresa de Perforación y Reparación Capital de Petróleo y Gas (EMPERCAP). Cuba, Finca La Cachurra. Matanzas.
(3) Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo y Gas (EPEPO). Cuba, Santa Cruz. Provincia Habana.
(4) Geocuba Investigación y Consultoría. Cuba, 3ra / 4 y 6. Miramar. Playa. La Habana. (yacimiento@petraf.co.cu)

RESUMEN

La aplicación del modelo de discriminación de fluidos constituye una herramienta para la obtención de resultados de predicción en el pozo Cojímar 100, para la evaluación productiva de éste. El análisis de las relaciones composicionales de los gases de hidrocarburos productivos y no productivos se ha utilizado para la estimación y predicción del reservorio.
El procesamiento, análisis e interpretación de las diversas bases de datos del pozo, sirvieron como complemento en la elaboración de un modelo único representativo de las zonas de petróleo, gas y agua, representada tridimensionalmente.
Con la elaboración y aplicación de una metodología eficaz de trabajo, apoyada en la simplificación de un modelo digital de elevación, utilizado como base. Se obtuvieron los resultados finales de la investigación, validados y comprobados durante la perforación del pozo en tiempo real. Estos resultados son:

- Modelo de relaciones composicionales de los gases de hidrocarburos productivos y no productivos a escala 1:2000.
- Tabla del modelo de discriminación de fluidos.
- Modelo de reclasificación de hidrocarburos productivos y no productivos a escala 1:2000.

Para demostrar la efectividad de la investigación, ésta se basó fundamentalmente en su objetivo, el cual es:

- Identificación de las zonas de hidrocarburos productivos y no productivos en el Pozo Cojímar 100.

ABSTRACT

The application of fluids discriminations models constitute one tool for the prediction results of the obtention in the one hundred well, for the productive evaluation for this. The compositional relaptions analysis of productive hydrocarbons gas and non productive the utility for the interpretation of reservoir, prediction and estimation. The analysis and processing of various base and date the well, is the complement in the elaboration of the only one models representative of oils and gas, water zones represent tridimensional.
With the elaboration and application of the one methodology of epical work, based in the simplification of the elevation digital model, utility how base. Are obtained the finals results of the investigations, validate and research during the drilling well in the real time. These results are:

- Compositional relaptions of Models of non productive and productive hydrocarbons gas to scale 1:2000.
- Fluids discrimination of models table.
- Non productive and hydrocarbons productive of the reclassification Model.

For the effectively sure of the investigation, this is based fundamentally in the objective, the witch is:

- Identification of non productive and hydrocarbons productive zones in the one hundred well.

INTRODUCCION

Existen en la actualidad numerosas compañías de servicio que demuestran experiencias con buenos resultados en el tema de las relaciones cromatográficas, entre ellas se mencionan las compañías SPT-Synergic Petroleum Tecnologies S. A, DATALOG entre otras.

Las herramientas geoestadísticas constituyen la base fundamental para la modelación de yacimientos de hidrocarburos que es obtenida debido a la utilización de diversos software que son empleados por este tipo de técnica.

En estos momentos no existe una metodología única que logre caracterizar integralmente el yacimiento mediante la integración de los datos de modelación, de las propiedades petrofísicas y parámetros de la perforación que han sido registrados en tiempo real, y que son obtenidos en diversas escalas de trabajo.

La técnica de los registros de lodos (mud logging) consiste en detectar, medir y evaluar los fluidos de hidrocarburos y otros gases presentes en el fluido de perforación (lodo) y en los ripios que regresan a la superficie provenientes del hueco y luego correlacionar esta información con una profundidad y litologías específicas que han sido penetradas durante la perforación. [2]

El análisis y la interpretación de las relaciones entre alcanos livianos a partir de los datos cromatográficos de gases de hidrocarburos, constituye una de las bases para la evaluación integral de los yacimientos de petróleo y gas en el mundo. La utilización y aplicación de las relaciones de cromatografía de gas puede normalizar y estimar las lecturas de éstas, sirviendo de complemento la influencia de los datos en tiempo real de los parámetros que se obtienen durante la perforación, como la velocidad de penetración, el diámetro del pozo, flujo de entrada y salida, así como su correlación. [17]

La aplicación de los modelos de discriminación de fluidos ha sido estimada y empleada para el análisis de los resultados de predicción de los reservorios de hidrocarburos.

Para realizar este tipo de investigación, es utilizada una metodología compuesta por un paquete de trabajo estadístico y normalizado, integrado por softwares que son empleados para el procesamiento de datos, así como la generación del modelo de discriminación de fluidos, basados en todas las relaciones de composición del gas.

El presente trabajo tiene como antecedente la Tesis de Maestría “Integración de los métodos geoquímicos y geofísicos para la revelación y estudio de los reservorios” [29] y una publicación en el Congreso de Geología y Minería de Cuba “Análisis del método de modelos discriminantes para la obtención de resultados de predicción en los pozos Varadero 732, 720, 722” [4].

Problema Científico: ¿Cómo se caracteriza integralmente el pozo de Cojímar 100 para evitar ensayos innecesarios en él?

Hipótesis: Si se caracteriza integralmente el pozo Cojímar 100, mediante la aplicación de un modelo de discriminación de fluidos, entonces se podrían evitar ensayos innecesarios en él.
Objeto: Pozo Cojímar 100.

Objetivo general: Caracterizar de forma integral el Pozo Cojímar 100, a partir de la interpretación de los registros de hidrocarburos, registros geofísicos de pozos, sísmica e historia de producción aplicando como base el modelo digital de elevación.

Objetivos específicos:

- Evaluar de forma integral el pozo Cojímar 100.
- Caracterizar potenciales de fluidos de reservorios clasificando tipos de hidrocarburos.
- Reclasificar zonas de hidrocarburos productivos, y no productivos.
-

Aporte científico:

Con la aplicación del modelo de discriminación de fluidos en el pozo Cojímar 100, se ha logrado caracterizar las zonas de contacto agua petróleo, hidrocarburos productivos y no productivos. Por primera vez debe aplicarse esta metodología en cualquier tipo de reservorio del país teniendo en cuenta la información de los datos registrados en tiempo real. Estos son utilizados por los compañeros del departamento de Ingeniería en Yacimientos para evaluar de forma integral los yacimientos.

Con el presente trabajo se pretende demostrar la efectividad de los registros de hidrocarburos y su evaluación cromatográfica, de conjunto con la evaluación de los registros geofísicos y datos de producción, en cuanto a la identificación de zonas potenciales de hidrocarburos, y no productivas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Principios, materiales y métodos asumidos en los estudios del modelo de discriminacion de fluidos.

- **Principios**

La investigación científica, como base fundamental de las ciencias, parte de la realidad, investiga la realidad, la analiza, formula hipótesis y fundamenta nuevas teorías. El conocimiento de la realidad es la mayor garantía para cualquier proceso investigativo. Si durante el desarrollo de este proceso el investigador no se sirve de un diseño previo, de una estructura básica, su trabajo puede resultar infructuoso.

El nivel metodológico corresponde a la definición: del tipo de estudio, del método de investigación, de técnicas y procedimientos para la recolección de la información y el tratamiento que se va a dar a la información. [12]

Para aplicar una metodología eficaz que permita la evaluación integral del pozo Cojímar 100, debe estar basada en el análisis e interpretación de registros de hidrocarburos, generación del modelo de discriminación de fluidos y la implementación de éstos utilizando como base el Modelo Digital de Elevación (MDE), ver figura 2.1.

ANALISIS E INTERPRETACION DE REGISTROS DE HIDROCARBUROS
UTILIZACION DEL MDE.
RELACIONES CROMATOGRAFICAS
ANALISIS Y DETECCCION
GENERACION DEL MODELO DE DISCRIMINACION DE FLUIDOS
IDENTIFICACION DE FLUIDOS

Figura 2.1.- Esquema de la relación análisis e interpretación de los registros de hidrocarburos, generación del modelo de discriminación de fluidos utilizando como base el Modelo Digital de Elevación.

Se supone que la caracterización de las zonas de contacto agua petróleo, hidrocarburos productivos y no productivos, es posible mediante el análisis e interpretación de gases de hidrocarburos y la generación del modelo de discriminación de fluidos, ver en la Figura 2.2.

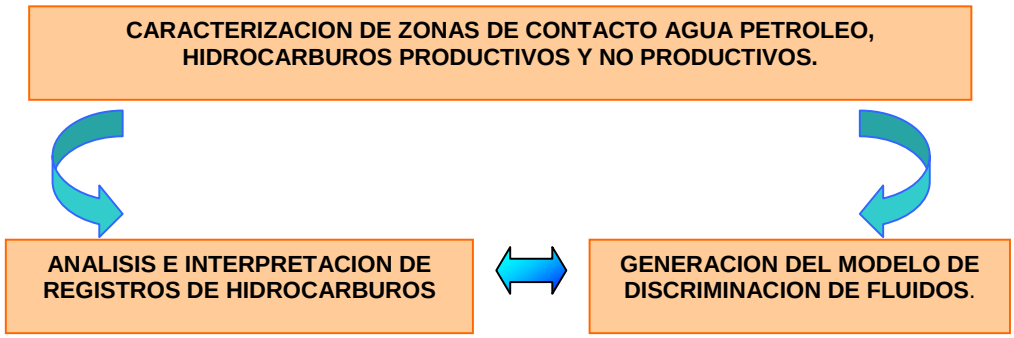
CARACTERIZACION DE ZONAS DE CONTACTO AGUA PETROLEO, HIDROCARBUROS PRODUCTIVOS Y NO PRODUCTIVOS.
ANALISIS E INTERPRETACION DE REGISTROS DE HIDROCARBUROS
GENERACION DEL MODELO DE DISCRIMINACION DE FLUIDOS.

Figura 2.2.- Esquema de la síntesis metodológica determinada a partir de la caracterización de zonas de contacto agua-petróleo, hidrocarburos productivos, y no productivos.

Para realizar esta investigación, se hará un análisis crítico de las metodologías existentes,aplicando la que permita evaluar de forma integral el pozo y posteriormente el yacimiento, y así cumplir con el objetivo propuesto.

La investigación quedó estructurada en cuatro etapas:

- Análisis de la información documentaria.
- Procesamiento y Análisis digital: Digitalización de las bases de datos geológicos, datos de campo.
- Evaluación integral del reservorio (Adquisición de datos en tiempo real, evaluación cromatográfica).
- Análisis e interpretación de la base de datos. Obtención de modelos de discriminación de fluidos (Modelos en 3D).

Etapa 1: Análisis de Partida

- **Análisis de la información documentaria:**

En la primera etapa, se analizaron diversas fuentes de información sobre la temática de la cromatografía de gases. En el caso particular de Cuba, se cuenta con poca bibliografía y relacionada con este tipo de trabajo. En estos momentos existen dos investigaciones y un artículo relacionado con la misma temática. Una de las investigaciones consultadas, fue realizada por un especialista de la Empresa de Perforación y Extracción de petróleo y gas de Occidente.

El trabajo aborda la utilización de un programa llamado MBGASLOG [14] que realiza el procesamiento de la base de datos de gases obtenida durante el proceso de registro de la data en tiempo real.

Todo el material temático compilado, fue procesado para obtener un banco de datos, destinado al análisis de la información documentaria, la que sirvió de base para la toma de decisiones sobre futuros trabajos.

Etapa 2. Procesamiento y análisis digital de las bases de datos:

El procesamiento geoinformático de los materiales obtenidos (imágenes de satélite, bases de datos de gases), se realizó a partir de la digitalización de imágenes pancromáticas del 2009. La metodología utilizada consistió en el barrido de las imágenes y procesamiento digital de datos que posteriormente fueron sometidos a un proceso de registro y georeferenciación para su superposición.

El error de la transformación, estuvo por debajo del valor del pixel (1m). Para esta tarea, se seleccionaron puntos de control, no sujetos a cambios temporales y fotoidentificables, a los cuales se les determinó sus coordenadas, por puntos homólogos en el mapa. Se empleó una transformación de segundo orden, y el remuestreo se realizó, por el método del vecino más cercano, con el objetivo de no alterar, los valores digitales de los pixeles de la imágenes originales.

Para la extracción de la información, se utilizó la textura (imagen pancromática), bajo un enfoque de clasificación supervisado y método de máxima verosimilitud, utilizando varios software de procesamiento de imágenes ArcView GIS 3.3 y Surfer 9.0 [1, 3, 7, 9, 10, 13].

Digitalización de las bases de datos de gas: El procesamiento geoinformático de la información consistió en la asimilación de un nuevo software denominado ANAX-500 para entrar los datos del cromatógrafo (Se utiliza el software 3D Field para la realización de mapas de contornos y modelos 3D).

Etapa 3. Evaluación integral del reservorio:

Para la realización de este tipo de trabajo se realiza la calibración del cromatógrafo de alta resolución, utilizado y compatible con el nuevo software ANAX-500, estas muestras son registradas en tiempo real y caracterizadas por el equipo, pues logra separar los gases livianos de los más pesados, también se realizó la calcimetría de las muestras geológicas cada 10m que salen de los ripios provenientes del lodo de perforación y el monitoreo en tiempo real de los parámetros de la perforación.

Obtención de los registros de hidrocarburos.

La obtención de los registros de hidrocarburos es una etapa de las más importantes dentro del programa de perforación, se utiliza la metodología para la generación de los registros de hidrocarburos que consiste en la detección de gases de hidrocarburos desde que son registrados por la trampa de gas, viajando a través de la línea de gas que llega al cromatógrafo y este a su vez registra dos columnas donde son separados los gases más livianos de los pesados.

El fluido de perforación que circula dentro del pozo trae emulsionado el gas de formación, por lo que se hace necesario a la salida de la línea de flujo (flow line) obtener las muestras de gas para separar físicamente sus componentes individuales en el cromatógrafo que se encuentra en la cabina de Mudlogging. El cromatógrafo se calibra para obtener valores exactos y de esta forma poder realizar una correcta interpretación del reservorio.

Para que el análisis de gas en el pozo sea efectivo, es fundamental que la medición del gas arrastrado dentro del fluido de perforación se haga de manera continua e ininterrumpida. Esto permite, desde el punto de vista de la seguridad del pozo, identificar rápidamente los cambios que se produzcan y actuar en consecuencia. Desde la perspectiva de la evaluación, es posible identificar de manera precisa los cambios de la formación o de los volúmenes y/o de la composición del gas y vincular esta información con la profundidad exacta a la cual se produjo la liberación[5, 6,8].

Asimismo, es muy útil en aplicaciones como identificación de los contactos gas/petróleo/agua, demarcación de zonas específicas para ser probadas y geodireccionamiento sobre la base del análisis de la relación de gas, opción que resulta más económica que las herramientas MWD que se utilizan en el fondo del hoyo.

Etapa 4: Método de los modelos de discriminación de fluidos

Basados en la amplia experiencia en la aplicación de “relación entre alcanos livianos” (Light alkanes ratios??), Synergic Petroleum Technologies S.A (SPT S.A) desarrolló inicialmente un “modelo para discriminación de fluidos (uno para cada yacimiento de petróleo), que luego evolucionó hacia un modelo único y de aplicación universal. El mismo (2D y 3D) fue probado y validado con más de 500 resultados de ensayo de pozos (base de datos de ensayos de pozos de SPT). [15]

El método consiste en lo siguiente:

- Los modelos se obtienen en base a complejas y sutiles relaciones entre alcanos livianos (rango C1-C5).
- Luego se construyen modelos matemáticos a partir de las tres relaciones principales obtenidas: R1-R2-R3.
- Los modelos bidimensionales muestran una disposición o respuesta exponencial. Cada punto representativo de una determinada lectura de gas se apoya sobre una curva exponencial, esto es independiente del reservorio, pozo, campo, región o cuenca, la respuesta es universal.
- Los modelos discriminantes definen claramente tres planos o regiones en el espacio: el plano del petróleo, el plano del gas, y el plano del agua.

Metodología:

- Sistema de evaluación interactivo.
- Utilización de cromatógrafos de alta velocidad-alta resolución.

- Metodología de trabajo estandarizada y normalizada con calidad de laboratorio, paquete de software para procesamiento de datos.
- Generación de modelos para discriminación de fluidos basados en relaciones composicionales sutiles del gas.
- Calibración de modelos conceptuales con los resultados de las pruebas.
- Desarrollo del modelo universal-validación aplicación indistinta para diferentes campos.

Obtención del Mapa de relaciones cromatográficas.

Durante el análisis de los registros de hidrocarburos se realiza la caracterización de los hidrocarburos productivos y no productivos, atendiendo a la clasificación de éstos se obtuvieron varios mapas que muestran las relaciones de gases de hidrocarburos por intervalos del pozo: [11]

- Humedad (Wh), Balance (Bh)/Profundidad del pozo.
- Humedad (Wh), Índice inverso del petróleo/Profundidad del pozo.
- Humedad (Wh), Carácter (Ch)/Profundidad del pozo.
- Humedad (Wh), Índice directo del petróleo/Profundidad del pozo.

Obtención de la tabla de modelos discriminantes de fluidos.

Para la obtención de la tabla de modelos discriminantes de fluidos se utiliza la data de gases en tiempo real, velocidad de penetración de la barrena (R.O.P) en profundidad, así como la predicción del modelo 3D de acuerdo con la clasificación de las zonas o intervalos analizados respecto al análisis composicional del gas, también se plasman los resultados de los ensayos obtenidos. [15]

Obtención del mapa de reclasificación de zonas de hidrocarburos productivos y no productivos.

Para la obtención del mapa de reclasificación de hidrocarburos se realizará la superposición de los mapas de relaciones cromatográficas de cada intervalo, los cuales serán procesados y analizados, posterior a ello se obtendrán 4 zonas en el mapa de forma integral, estas zonas son:

- Zona de gas productivo.
- Zonas de petróleo productivo con densidad en aumento.
- Zona de agua.
- Zona de petróleo productivo con gravedad en aumento.

CONCLUSIONES

1. A través del modelo de discriminación de fluidos se han determinado zonas de hidrocarburos productivos y no productivos atendiendo al tipo de fluido.

2. La metodología resultó ser la apropiada para la identificación de zonas de hidrocarburos productivos y no productivos.

3. La aplicabilidad de la tabla del modelo de discriminación de fluidos demuestra la efectividad del método al evaluar los intervalos de interés gasopetrolíferos, evitando que se realicen ensayos innecesarios en la zona.

4. Mediante la simplificación de las zonas de hidrocarburos se generó un modelo tridimensional de reclasificación representado por tres zonas de hidrocarburos productivos y una no productiva.

BIBLIOGRAFIA

Berry, J.K. "Learning Computer Assisted Map Analysis" in Geographic Information Systems Report, Part III, 1996.

Bond, J. G. “Mud Logging”, IHRDC, 1986.

Colectivo de autores. “ARCVIEW 3.3. Referencias técnicas”. USA, 2004.

Colectivo de autores. Artículo “Análisis del método de modelos discriminantes para la obtención de resultados de predicción en los pozos Varadero 732, 720, 722”. Congreso 2007.

Colectivo de autores. “Cromatografía de gases”, 2006. Disponible en: http://www.marsopa.es/page3/assets/Tema%204A.pdf. [Consulta: 5 mayo 2009].

Crotti M., Bosco S. “La Cromatografía Gaseosa”, 2006. Disponible en: http://www.inlab.com.ar/Cromatografia.htm [Consulta: 5 mayo 2009].

Domínguez, J. Cartografía y Sistemas de Información Geográfica. 2000 Disponible en: www. topografia.montes.upm.es. [Consulta: 5 mayo 2009].

Dorronsoro C. “Análisis de hidrocarburos por cromatografía de gases”. 2007. Disponible en: http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/Geo16/Art37.pdf. [Consulta: 5 de mayo 2009]

GARCIA E. 2008. Introducción a los SIG.-Economía y medio ambiente.-Cartografía temática: Cartografía digital: AUTOCAD 2000, MICROSTATION, SURFER, SERIE ATLAS. Disponible en: www. geofocus.rediris.es/varios_2008

GEOCUBA, I. C.¨Manual de Usuario y Referencias técnicas de TeleMap. La Habana. Cuba. 1992.

Hawker David P. “Evaluación e interpretación de hidrocarburos”. Manual de Datalog. Calgary, Alberta, Canada. 1997.

Hernández Sampier Roberto. “Metodología de la investigación”. Editorial Félix Varela. Habana, Cuba, 2004.

Márquez JL. 2001. Comparación de varios métodos para la representación cartográfica Disponible en: www. pegasus. ucla. edu.ve/. %20Comparación%20de%20varios.pdf.

Panfet Valdés, J. M. “Integración de los métodos geoquímicos y geofísicos para la revelación y estudio de los reservorios”. Tesis de Maestría. Cuba, 2003.

Pellegrini, Carlos. “Desarrollo de Modelos Discriminantes de Fluidos”. 2005. Disponible en: http://www.sptsa.com.ar/ABOUTSUS. [Consulta: 4 de mayo 2009].

Anexos

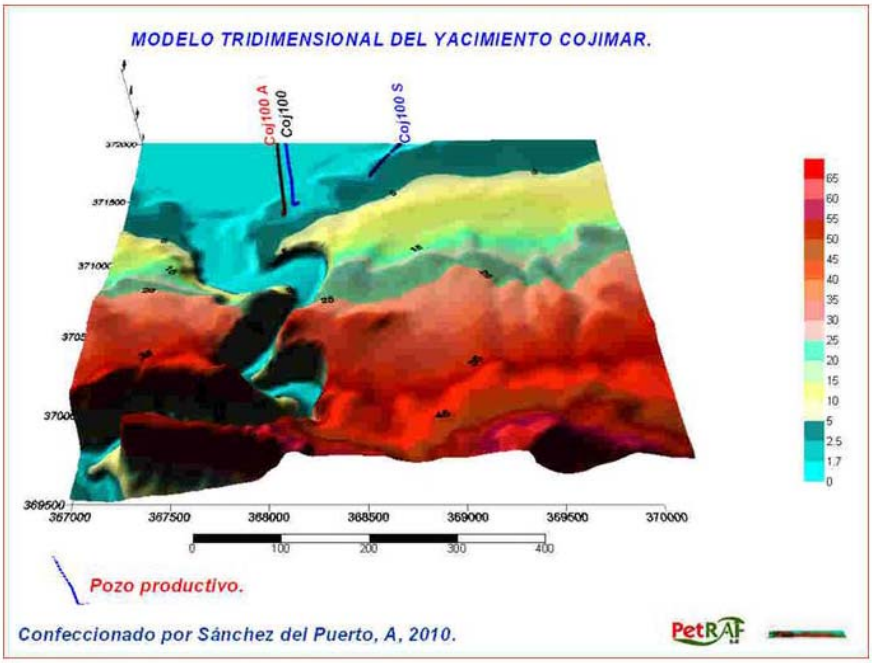

Figura 1.- Modelo Tridimensional del yacimiento Cojímar.

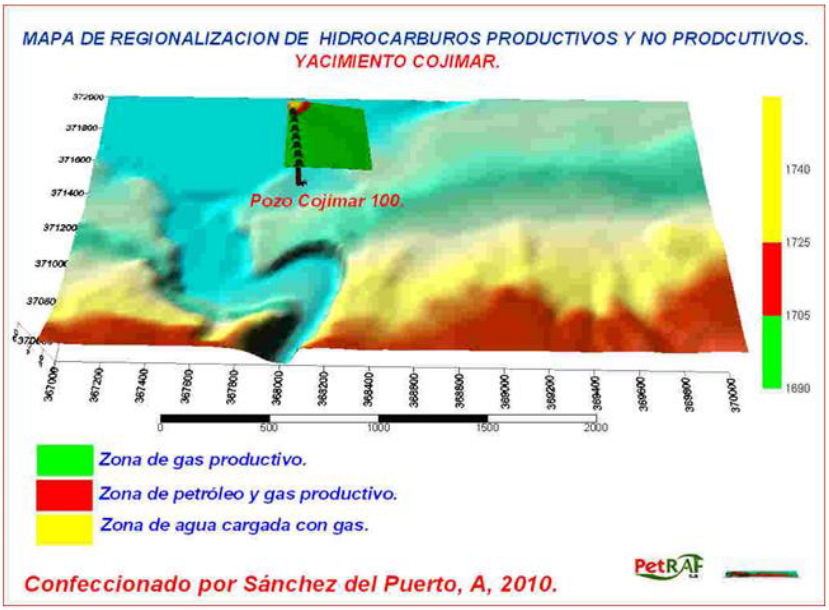

Figura 2.- Modelo Tridimensional de regionalización de hidrocarburos productivos y no productivos. Yacimiento Cojímar.